



DOI: 10.22363/2313-2310-2025-33-2-189-203

EDN: HVDUOU

УДК 551:578.46(571.54)

Научная статья / Research article

Химический и минеральный состав снежного покрова на площадках снегонакопления города Улан-Удэ

Т.В. Чередова^{1,2}, О.Н. Чудинова²

¹Геологический институт им. Н.Л. Добрецова СО РАН, Улан-Удэ,
Российская Федерация

²Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления,
Улан-Удэ, Российская Федерация
cheredova-tv@yandex.ru

Аннотация. Впервые проведено исследование качества снежного покрова, размещаемого на площадках снегонакопления в результате зимней уборки улиц г. Улан-Удэ. Проанализированы макро- и микроэлементный состав снеговой воды, химический и минеральный состав твердого осадка снежного покрова. По результатам анализов установлено, что в целом снег, размещаемый на площадках снегонакопления г. Улан-Удэ, по содержанию основных катионов и анионов в снеговой воде, минеральному и химическому составу твердого осадка удовлетворяет нормативам качества окружающей среды. Во многом это обусловлено запретом применения агрессивных противогололедных препаратов на территории Республики Бурятия. Вместе с тем содержание Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg в снеговой воде превышает нормы предельно допустимых концентраций в 1,4-30,5 раза, что вызвано высокой антропогенной нагрузкой на снежный покров г. Улан-Удэ в целом и убираемые территории в частности.

Ключевые слова: снежный покров, площадка снегонакопления, загрязнение, твердый осадок снега, снеговая вода

Финансирование. Исследование выполнено в рамках государственного задания ГИН СО РАН по проекту АААА-А21-121011890033-1 «Геоэкологические риски и экстремальные природные явления Сибири и Дальнего Востока»; гранта «Молодой ученый ВСГУТУ-2024».

Вклад авторов. Чередова Т.В. – концепция исследования, отбор проб снега, подготовка проб к лабораторному анализу, обработка, анализ и интерпретация результатов анализа химического и минерального состава снежного покрова; Чудинова О.Н. –

© Чередова Т.В., Чудинова О.Н., 2025



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

планирование экспериментальной части, отбор проб снега, подготовка проб к лабораторному анализу, обзор литературы, обобщение результатов исследования, общая научная редакция. Все авторы ознакомлены с окончательной версией статьи и одобрили ее.

История статьи: поступила в редакцию 21.02.2025; доработана после рецензирования 28.02.2025; принята к публикации 03.03.2025.

Заявление о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Чередова Т.В., Чудинова О.Н. Химический и минеральный состав снежного покрова на площадках снегонакопления города Улан-Удэ // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2025. Т. 33. № 2. С. 189–203. <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-189-203>

Chemical and mineral composition of snow cover at snow waste accumulation sites in Ulan-Ude

Tatyana V. Cheredova^{1,2}  , Olga N. Chudinova² 

¹*Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russian Federation*

²*East Siberia State University of Technology and Management, Ulan-Ude, Russian Federation*
cheredova-tv@yandex.ru

Abstract. For the first time, a study was conducted on the quality of snow cover placed on snow accumulation sites as a result of winter street cleaning in Ulan-Ude. Macro- and microelement composition of snow water and chemical and mineral composition of snow cover solid sediments were analyzed. The results showed that the snow placed on the snow accumulation sites of Ulan-Ude in general satisfies the environmental quality standards in terms of the content of the main cations and anions in snow water and the mineral and chemical composition of the solid sediment. It is largely due to the ban on the use of aggressive anti-icing agents in the territory of the Republic of Buryatia. Meanwhile, the content of Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg in snow melt water exceeds the maximum permissible concentrations by 1.4–30.5 times, which is caused by the high anthropogenic load on the snow cover of Ulan-Ude in general and the cleaned areas in particular.

Keywords: snow cover, snow waste accumulation site, pollution, solid snow sediment, snow water

Funding. The research was carried out within the framework of the state assignment of the GIN SB RAS under the project AAAAA-A21-121011890033-1 Geoecological risks and extreme natural phenomena of Siberia and the Far East; grant “Young Scientist VSGUT-2024”.

Authors' contribution. Cheredova T.V. – research concept, snow sampling, preparation of samples for laboratory analysis, processing, analysis and interpretation of the results of the analysis of the chemical and mineral composition of snow cover; Chudinova O.N. – planning of the experimental part, snow sampling, preparation of samples for laboratory analysis, literature review, generalization of research results, general scientific edition. All authors were familiarised with the final version of the article and approved it.

Article history: received 21.02.2025; revised 28.02.2025; accepted 03.03.2025.

Conflicts of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Cheredova TV, Chudinova ON. Chemical and mineral composition of snow cover at snow waste accumulation sites in Ulan-Ude. *RUDN Journal of Ecology and Life Safety*. 2025;33(2):189–203. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-2310-2025-33-2-189-203>

Введение

Проблема вывоза и утилизации снежной массы является характерной для природно-климатических условий большей части территории России и оказывает существенное влияние на безопасную работу транспорта и движение пешеходов. Другой важной проблемой является использование противогололедных реагентов для исключения обледенения дорожного покрытия [1]. В снежных массах с дорожных покрытий отмечено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) по содержанию тяжелых металлов в 1,5–330 раз, встречаются грубодисперсные вещества (мусор, песок, гравий, пластик, стекло), значительно содержание нефтепродуктов. В результате в 1,5–5 раз возрастает плотность снега: с 0,06–0,34 т/м³ до 0,3–0,5 т/м³ на придорожных территориях, что определяет трудности его уборки, складирования и ликвидации воздействия на городские ландшафты [2; 3].

Поскольку снежная масса, как правило, сильно загрязнена, специалисты предлагают обращаться с ней как с коммунальными отходами. Часть отходов от зимней уборки улиц включена в федеральный классификационный каталог отходов (ФККО)¹, к ним относятся отходы, образующиеся на станциях снеготаяния: отходы с решеток, осадки, отходы таяния снега с применением снегоплавильного оборудования. Указанные отходы относятся к 4-5 классам опасности, т.е. являются малоопасными и практически неопасными для окружающей среды. Следует отметить, что сам снег от уборки городской территории, как отход, не включен в ФККО, соответственно, класс его опасности не установлен. Снежные массы на площадках накопления хранятся около полугода: в среднем от установления снежного покрова в первой декаде ноября до конца апреля. К началу снеготаяния складированный снег представляет собой снежно-ледовое образование, которое становится источником загрязнения компонентов природной среды [4]. Разными исследованиями установлено, что при активном снеготаянии в окружающую среду поступают значительные количества поллютантов (пыль, сульфаты, хлориды, азотсодержащие соединения, катионы металлов и т.д.), которые влияют на поверхностные и подземные воды, загрязняют почвенный покров, оказывают негативное воздействие на биоту [5–9].

В некоторых странах, например в Беларуси, Казахстане, действуют нормативно-правовые документы, устанавливающие единые требования

¹ Приказ Росприроднадзора от 22.05.2017 г. № 242 «Об утверждении Федерального классификационного каталога отходов». URL: https://rpn.gov.ru/upload/iblock/e54/prikaz_rosprirondnazora_ot_22_05_2017_n_242_ob_utverzhenii.pdf (дата обращения: 24.12.2024).

к уборке снежных масс с территории населенных пунктов, к выбору мест для складирования снега и их оборудованию². В настоящее время в России подобные требования отсутствуют. Вопросы очистки автомобильных дорог от снега рассмотрены в отраслевом дорожном методическом документе, носящем рекомендательный характер³, а организация площадок снегонакопления регламентирована санитарными правилами и нормами⁴ в части их оборудования водонепроницаемым покрытием, обвалования сплошным земляным валом и рекомендацией по установке водосборных лотков по периметру площадок и локальных очистных сооружений. Площадки снегонакопления должны быть организованы вне зон рекреационного назначения, детских игровых и спортивных площадок, водосборных территорий и вдали от источников нецентрализованного водоснабжения.

В связи с этим целью настоящего исследования являлась оценка соответствия обустройства площадок снегонакопления на территории города Улан-Удэ санитарным и отраслевым нормам, а также изучение химического и минерального состава снега от уборки городских территорий, размещаемого на площадках снегонакопления в зимний период.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования являлась площадка снегонакопления, расположенная на территории бывшей свалки коммунальных отходов пос. Стеклозавод в Советском районе г. Улан-Удэ. Свалка эксплуатировалась с 1960 по 2006 г. Общая площадь свалки составляет около 65 га, вместимость площадки снегонакопления – около 1200 м³ (рис. 1). Свалка расположена на расстоянии 2,5 км от р. Селенга. Площадка снегонакопления не оборудована водонепроницаемым покрытием, обваловкой по периметру и системой сбора ливневых

² См.: ТКП 17.06-09-2013 (02120) Охрана окружающей среды и природопользование. Гидросфера. Требования к размещению и эксплуатации площадок складирования снега. Введ. 01.10.13. Минск : Минприроды, 2013. 8 с.; Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 20.03.2015 года № 235 «Об утверждении Типовых правил благоустройства территорий городов и населенных пунктов и Правил оказания государственной услуги «Выдача разрешения на вырубку деревьев» (Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 29 апреля 2015 года № 10886). URL: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500010886> (дата обращения: 24.12.2024).

³ Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.5.001-2008 «Методические рекомендации по защите и очистке автомобильных дорог от снега» / Росавтодор. Москва, 2008. 80 с.

⁴ Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 января 2021 года № 3 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 2.1.3684-21 „Санитарно-эпидемиологические требования к содержанию территорий городских и сельских поселений, к водным объектам, питьевой воде и питьевому водоснабжению, атмосферному воздуху, почвам, жилым помещениям, эксплуатации производственных, общественных помещений, организации и проведению санитарно-противоэпидемических (профилактических) мероприятий“» (с изменениями на 15 ноября 2024 года). URL: <https://docs.cntd.ru/document/573536177?ysclid=m8vxutdl1h790464636> (дата обращения: 24.12.2024).

стоков. Снег на площадке выгружается самосвалами, образуя серию естественных «насыпей». Отбор проб проводился из каждой «насыпи» в конце периода снегонакопления в марте 2024 г. Всего было сформировано 5 объединенных проб снега массой не менее 10 кг, каждая с охватом «насыпей» от 50 машин.

Снег отбирался в промаркированные полиэтиленовые пакеты, таял при комнатной температуре в течение суток и далее фильтровался через фильтр «синяя лента». Полученный осадок высушивался, доводился до постоянной массы, взвешивался⁵ [10–12].

Катионно-анионный состав снеговой воды определялся с помощью метода капиллярного электрофореза на приборе Капель-105М (г. Санкт-Петербург) в Центре коллективного пользования «Прогресс» Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления» (г. Улан-Удэ).

Микрокомпонентный состав снеговой воды был установлен с помощью ISP MS на приборе NexION 300D (Perkin Elmer, США) в Проблемной научно-исследовательской лаборатории гидрогеохимии Инженерной школы природных ресурсов Томского политехнического университета (г. Томск).



Рис. 1. Схема отбора проб на площадке снегонакопления
 Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

⁵ См.: Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве: утв. гл. государственным санитарным врачом СССР от 15.05.1990 г. № 5174-90. Москва, 1990.



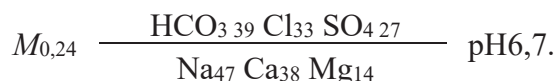
Figure 1. Sampling scheme at the snow accumulation site
Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Химический состав твердого осадка снежного покрова определялся с помощью метода индуктивно-связанной плазмы на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500 се в Институте геологии и минералогии им. В.С. Соболева (г. Новосибирск).

Морфологический и минеральный состав твердого осадка снежного покрова устанавливался на растровом электронном микроскопе LEO-1430VP (Carl Zeiss, Германия) с системой энергодисперсионного микроанализа INCA Energy 350 (Oxford Instruments, Великобритания) в режиме переменного давления (Variable Pressure, VP) в Центре коллективного пользования «Геоспектр» Геологического института им. Н.Л. Дobreцова СО РАН (г. Улан-Удэ).

Результаты и обсуждение

Снеговые воды с площадки снегонакопления относятся к пресным, гидрокарбонатно-натриевым, с реакцией среды, близкой к нейтральной (см. формулу М.Г. Курлова):



Такой состав в целом не характерен для снеговых вод, отобранных на условно-фоновом участке, расположенном с северо-западной стороны на границе г. Улан-Удэ и Иволгинского района Республики Бурятия (пос. Сотниково) на расстоянии около 7 км от объекта исследования, принятого в рамках настоящей работы в качестве регионального фона. Снеговые

воды, отобранные на условно-фоновом участке, были отнесены к ультрапресным, с низкими содержаниями основных катионов и анионов (табл. 1). Катионно-анионный состав снеговой воды с площадок снегонакопления близок к составу снеговой воды с загрязненных участков г. Иркутск. При этом снеговая вода г. Иркутск характеризуется повышенным содержанием ионов Na^+ и Cl^- , что связано с применением противогололедных препаратов в городе. На территории республики Бурятия применение химических реагентов для подсыпки дорог в зимний период запрещено. Превышение нормы ПДК_{рыб-хоз} выявлено по нитритам – в 3,1 раза, фторидам – в 1,2 раза.

Анализ микроэлементного состава снеговой воды с площадок снегонакопления (табл. 2) выявил значительные превышения (1,4–30,5 раза) норм ПДК_{рыб-хоз} по Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg. Содержание потенциально опасных химических элементов, для которых не установлены ПДК_{рыб-хоз}, превышает региональные фоновые показатели в 1,3 (для Cr) – 15,5 (для Co) раза. Содержание U в снеговой воде с площадки снегонакопления превышает региональные фоновые значения в 108 раз.

Таблица 1. Катионно-анионный состав снеговой воды на площадках снегонакопления г. Улан-Удэ, мг/л

Наименование показателя	Диапазон изменения концентраций $C_{\min}-C_{\max}$	Среднее значение концентрации $C_{\text{сред}}$	Условный фон (данные авторов 2021–2022 гг.)	Содержание в снеговой воде г. Иркутск [13]	ПДК _{рыб-хоз} ⁶
pH	6,46–6,87	6,70	4,65	6,90	C_{ϕ}
Взвешенные вещества, г/л	25,6–234,4	80,2	0,014	–	$C_{\phi} + 0,25 (0,75)$
Минерализация	144,47–392,32	246,36	17,86	536,55	–
Cl^-	24,82–63,82	40,07	1,09	254,07	300
NO_2^-	0,1–0,4	0,25	0,02	0,87	0,08
SO_4^{2-}	26–64	44	4,20	35,00	100
NO_3^-	1,1–2,0	1,42	0,45	1,21	40
F^-	0,5–1,0	0,9	0,05	0,45	0,75
HCO_3^{3-}	48,81–134,24	80,54	7,74	45,38	–
NH_4^+	0,2–0,4	0,33	0,05	1,48	0,5
K^+	3,79–17,04	9,78	0,21	7,65	50
Na^+	10,79–63,09	29,47	0,75	168,90	120
Mg^{2+}	2,43–8,51	6,08	1,73	2,04	40
Ca^{2+}	18,04–32,06	27,66	1,60	19,50	180

Примечание. C_{ϕ} – фоновая концентрация; жирным шрифтом выделены показатели, превышающие нормы ПДК.

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

⁶ Приказ Минсельхоза России от 13.12.2016 г. № 552 «Об утверждении нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения». URL: <https://docs.cntd.ru/document/420389120?ysclid=m8vvces5ec417336775> (дата обращения: 25.12.2024).

Table 1. Cation-anion composition of snow water at snow accumulation sites of Ulan-Ude, mg/l

Indicator name	Range of concentration variation $C_{\min}-C_{\max}$	Average concentration value C_{av}	Conditional background (authors' data 2021–2022)	Content in snow water of the city of Irkutsk [13]	MPC fish farming
pH	6.46–6.87	6.70	4.65	6.90	C_b^+
Suspended substances, g/l	25.6–234.4	80.2	0.014	–	$C_b + 0.25$ (0.75)
Mineralisation	144.47–392.32	246.36	17.86	536.55	–
Cl^-	24.82–63.82	40.07	1.09	254.07	300
NO_2^-	0.1–0.4	0.25	0.02	0.87	0.08
SO_4^{2-}	26–64	44	4.20	35.00	100
NO_3^-	1.1–2.0	1.42	0.45	1.21	40
F^-	0.5–1.0	0.9	0.05	0.45	0.75
HCO_3^{3-}	48.81–134.24	80.54	7.74	45.38	–
NH_4^+	0.2–0.4	0.33	0.05	1.48	0.5
K^+	3.79–17.04	9.78	0.21	7.65	50
Na^+	10.79–63.09	29.47	0.75	168.90	120
Mg^{2+}	2.43–8.51	6.08	1.73	2.04	40
Ca^{2+}	18.04–32.06	27.66	1.60	19.50	180

Note. C_b – background concentration; indicators exceeding MPC norms are marked in bold

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Таблица 2. Микроэлементный состав снеговой воды с площадок снегонакопления г. Улан-Удэ, мкг/л

Наименование элемента	Диапазон изменения концентраций ($C_{\min}-C_{\max}$)	Среднее значение концентрации ($C_{\text{сред}}$)	Условный фон (данные авторов 2021–2022)	Содержание в снеговой воде г. Иркутск [13]	ПДК _{рыб-хоз} ⁷
Al	42,79–135,04	82,55	84,5	2,33	40
V	1,38–4,34	2,48	0,71	2,44	1
Mn	244,47–371,09	304,83	9,90	36	10*
Fe	103,52–183,62	142,65	47,50	49	100
Cu	8,36–19,18	15,85	3,60	7	1
Zn	8,04–39,53	21,79	27,10	40	10
Mo	4,94–21,77	11,19	0,32	0,7	1
W	1,45–5,87	3,43	0,25	–	0,8
Hg	0,02–0,08	0,046	0,03	0,0013	0,01
As	0,82–2,86	1,73	0,26	0,8	50
Co	2,20–3,63	2,48	0,16	0,77	10
Cr	2,28–3,74	2,78	2,22	0,4	20**
Th	0,004–0,04	0,022	0,0049	0,01	–
U	0,18–2,65	1,08	0,01	0,04	–
Pb	0,08–0,22	0,13	0,31	0,5	6

Примечание. *ПДК указана для Mn^{2+} ; **ПДК указана для Cr^{6+}

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Table 2. Microelemental composition of snow water at snow accumulation sites of Ulan-Ude, µg/l

Component name	Range of concentration variation ($C_{\min}-C_{\max}$)	Average concentration value (C_{av})	Conditional background (authors' data 2021–2022)	Content in snow water of the city of Irkutsk [13]	MPC fish farming
Al	42.79–135.04	82.55	84.5	2.33	40
V	1.38–4.34	2.48	0.71	2.44	1
Mn	244.47–371.09	304.83	9.90	36	10*
Fe	103.52–183.62	142.65	47.50	49	100
Cu	8.36–19.18	15.85	3.60	7	1
Zn	8.04–39.53	21.79	27.10	40	10
Mo	4.94–21.77	11.19	0.32	0.7	1
W	1.45–5.87	3.43	0.25	–	0.8
Hg	0.02–0.08	0.046	0.03	0.0013	0.01

Ending of the Table 2

Component name	Range of concentration variation ($C_{\min}$ – $C_{\max}$)	Average concentration value (C_{av})	Conditional background (authors' data 2021–2022)	Content in snow water of the city of Irkutsk [13]	MPC fish farming
As	0.82–2.86	1.73	0.26	0.8	50
Co	2.20–3.63	2.48	0.16	0.77	10
Cr	2.28–3.74	2.78	2.22	0.4	20**
Th	0.004–0.04	0.022	0.0049	0.01	–
U	0.18–2.65	1.08	0.01	0.04	–
Pb	0.08–0.22	0.13	0.31	0.5	6

Note. * MPC specified for Mn^{2+} ; ** MPC specified for Cr^{6+}

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Твердый осадок снежного покрова характеризуется равномерным минеральным составом, представленным более чем на 90 % минералами природного происхождения: кварцем, калиевым полевым шпатом, алюмосиликатами (плазиоклазы, эпидоты, хлориты), магнетитами (рис. 2, а). Свой вклад вносят минералы, входящие в состав гранитоидов Байкальского складчатого пояса (апатиты, цирконы, рутил). Встречаются также карбонаты, в том числе содержащие редкие земли, реликтовые минералы: циркон, ильменит и вторичные алюмосиликаты – хлорит и зерна самородного железа (табл. 3). Частицы техногенного характера встречаются единично, к ним относятся углеродистые структуры и сферулы, в основном магнетитового состава (рис. 2, б). Органические структуры встречаются тоже достаточно редко. Размер частиц твердого осадка снежного покрова достаточно крупный, в большинстве случаев от 40 до 300 мкм. Преобладающая форма частиц – обломки.

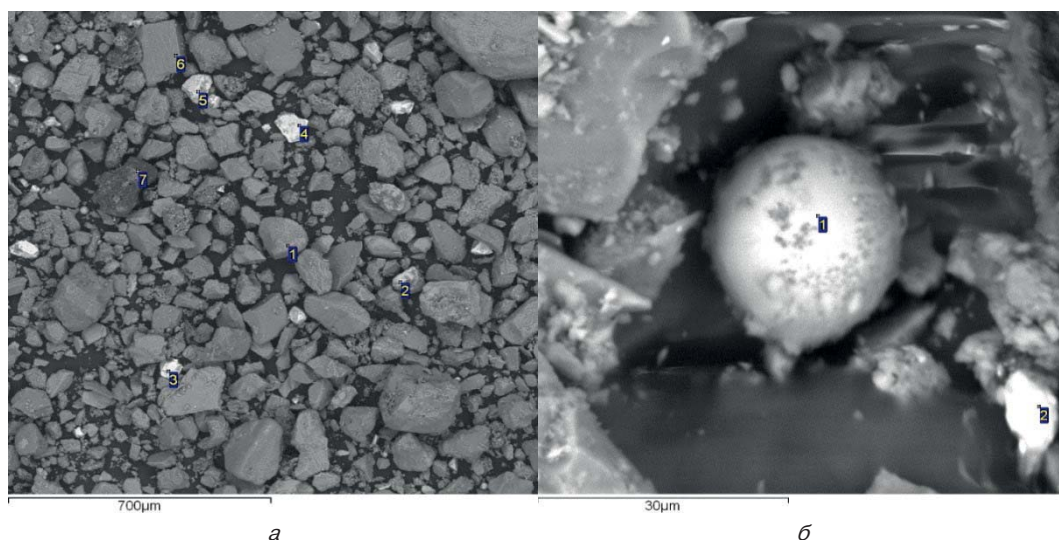


Рис. 2. Общий вид (а): 1, 6 – плагиоклаз; 2 – ильменит; 3 – самородное железо; 4, 5 – магнетит; 7 – углеродистая частица; микросферулы (б): 1 – магнетит; 2 – апатит в составе твердого осадка снежного покрова с площадок снегонакопления
 Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Figure 2. General view (a): 1, 6 – plagioclase; 2 – ilmenite; 3 – nugget iron; 4, 5 – magnetite; 7 – carbonaceous particle and microspheres (b): 1 – magnetite; 2 – apatite in the composition of solid snow cover sediment from snow accumulation sites

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Таблица 3. Минеральный состав твердых частиц нерастворимого осадка снежного покрова с площадок снегонакопления

Минералы		Наличие в твердом осадке снегового покрова
Название	Формула	
Кварц	SiO ₂	+++
Плагиоклаз	Na[AlSi ₃ O ₈]×Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]	+++
Биотит	K(Mg, Fe) ₃ [Si ₃ AlO ₁₀][OH, F] ₂	
Мусковит	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀][OH] ₂	
Хлорит	(Mg, Fe) _x (Al, Fe) _x SiO ₁₀ [OH] ₈	
Калиевый полевой шпат	(Na, K, Ca)[AlSi ₃ O ₈]	
Самородное железо	Fe	+++
Магнетит	FeO+Fe ₂ O ₃	+++
Ильменит	FeO+TiO ₂	++
Сидерит	FeCO ₃	++
Кальцит	CaCO ₃	++
Анкерит	CaFe ²⁺ (CO ₃) ₂	+
Монацит	(Ce, La)PO ₄	+
Рутил	TiO ₂	+
Циркон	ZrSiO ₄	+
Апатит	Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl)	+
Титанит	CaTiSiO ₅	+
Углеродистые частицы	C+примеси	+

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Table 3. Mineral composition of particulate matter of insoluble snow cover sludge from snow accumulation sites

Minerals		Presence of snow cover in solid precipitation
Name	Formula	
Quartz	SiO ₂	+++
Plagioclase	Na[AlSi ₃ O ₈]×Ca[Al ₂ Si ₂ O ₈]	+++
Biotite	K(Mg, Fe) ₃ [Si ₃ AlO ₁₀][OH, F] ₂	
Muscovite	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀][OH] ₂	
Chlorite	(Mg, Fe) _x (Al, Fe) _x SiO ₁₀ [OH] ₈	
Potassium feldspar	(Na, K, Ca)[AlSi ₃ O ₈]	
Nugget iron	Fe	+++
Magnetite	FeO+Fe ₂ O ₃	+++
Ilmenite	FeO+TiO ₂	++
Siderite	FeCO ₃	++
Calcite	CaCO ₃	++
Ankerite	CaFe ²⁺ (CO ₃) ₂	+
Monazite	(Ce, La)PO ₄	+
Rutile	TiO ₂	+
Zircon	ZrSiO ₄	+
Apatite	Ca ₅ [PO ₄] ₃ (F, Cl)	+
Titanite	CaTiSiO ₅	+
Carbonaceous particles	C+примеси	+

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Содержание потенциально опасных химических элементов (V, Cr, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Sb) в твердом осадке снежного покрова с площадок снегонакопления не превышает нормы ПДК_п и кларковые содержания, что свидетельствует об отсутствии загрязнения по данной группе элементов (табл. 4).

Таблица 4. Химический состав твердого осадка снегового покрова, мг/кг

Наименование элемента	Среднее значение на площадке снегонакопления г. Улан-Удэ	Кларк в почве [14; 15]	ПДК _н [*] , мкг/кг
V	38,8	100	150
Cr	8,84	70	6 ^{**}
Co	5,54	10	5 ^{***}
Ni	3,84	20	20
Cu	11,94	15-60	33
Zn	41	50	55
Cd	<0,1	0,5	0,5
Sb	<1	1	4,5
As	3,34	5	–
Ti	2720	3500	–
Sr	302	600	–
Mo	1,5	2	–
Mn	408	850	–
Ba	682	84–560	–

Примечания:

* Постановление Главного государственного санитарного врача Российской Федерации от 28 января 2021 года № 2 «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=m8w0jhp7g989308931> (дата обращения: 24.12.2024).

** ПДК указана для подвижной формы Cr³⁺.

*** ПДК указана для подвижной формы Co.

Источник: составлено Т.В. Чередовой, О.Н. Чудиновой.

Table 4. Chemical composition of snow cover solid precipitation, mg/kg

Component name	Average value at the snow accumulation site Ulan-Ude	Clark in soil [14; 15]	MPC _s [*] , µg/kg
V	38.8	100	150
Cr	8.84	70	6 ^{**}
Co	5.54	10	5 ^{***}
Ni	3.84	20	20
Cu	11.94	15-60	33
Zn	41	50	55
Cd	<0.1	0.5	0.5
Sb	<1	1	4.5
As	3.34	5	–
Ti	2720	3500	–
Sr	302	600	–
Mo	1.5	2	–
Mn	408	850	–
Ba	682	84–560	–

Notes:

* Resolution of the Chief Government Sanitary Officer of the Russian Federation No. 2 dated on January 28, 2021 “On Approval of Sanitary Rules and Norms SanPiN 1.2.3685-21 “Hygienic Norms and Requirements to Ensure Safety and (or) Harmlessness of Environmental Factors for Human Use”. Available from: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?ysclid=m8w0jhp7g989308931> (accessed: 24.12.2024).

** MPC specified for the mobile form Mn²⁺.

*** MPC specified for the mobile form Cr⁶⁺.

Source: compiled by T.V. Cheredova, O.N. Chudinova.

Заключение

Проведенные исследования показали, что обустройство площадки снегонакопления в пос. Стеклозавод г. Улан-Удэ не соответствует санитарным нормам в связи с отсутствием водонепроницаемого покрытия, обваловки по периметру площадки, системы сбора и отвода ливневых стоков. В целом катионно-анионный состав снеговой воды удовлетворяет нормативам качества, предъявляемым к водным объектам рыбохозяйственного значения, что во многом обусловлено запретом применения агрессивных противогололедных препаратов на территории республики Бурятия. Твердый осадок снега со снеговых площадок состоит из природных минералов, входящих в состав песчано-гравийной смеси, используемой для подсыпки дорог в зимний период. Загрязнения потенциально опасными химическими элементами нерастворимого осадка снежного покрова на площадках снегонакопления не выявлено. Вместе с тем выявлено превышение норм предельно допустимых концентраций Al, V, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo, W, Hg в снеговой воде в 1,4–30,5 раза, что вызвано высокой антропогенной нагрузкой на снежный покров г. Улан-Удэ в целом и убираемые тротуарные и дорожные покрытия в частности.

Список литературы

- [1] Пугачев С.В. Возможность использования низкопотенциальных источников теплоты на ТЭЦ для утилизации снега // Новые вызовы в новой науке : сборник статей Международной научно-практической конференции. Петрозаводск, 25 ноября 2020 года. Петрозаводск : Международный центр научного партнерства «Новая Наука», 2020. С. 140–152. EDN: HVFNKV
- [2] Хомич В.С., Кравчук Л.А., Кадацкая О.В., Санец Е.В., Овчарова Е.П., Рыжиков В.А., Баженова Н.М. Диагностика природной среды в зоне функционирования временной площадки складирования снега в Минске // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 3. С. 67–79. <https://doi.org/10.17308/geo.2019.3/2328> EDN: AWWEXD
- [3] Жарников В.Б., Пасько О.А., Ушакова Н.С., Макарецова Е.С. О содержании мониторинга снежных отвалов и подверженных их влиянию земель северных городов (на примере города Томска) // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). 2019. Т. 24, № 1. С. 174–191. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2019-24-1-174-191> EDN: ZCHEIH
- [4] Константинова Е.Ю., Константинов А.О., Курасова А.О., Новоселов А.А., Зайцева В.Ю., Шерстнев А.К., Минкина Т.М. Эколого-геохимическая оценка загрязнения артурирбистратов длительно функционирующего снегохранилища // Проблемы загрязнения объектов окружающей среды тяжелыми металлами : труды международной конференции. Тула, 28–30 сентября 2022 года. Тула: Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого. 2022. С. 70–74. EDN: WZDFDJ
- [5] Салтан Н.В., Шлапак Е.П., Жиров В.К., Гонтарь О. Б., Святковская Е. А. Химический состав снега на урбанизированных территориях в условиях Крайнего Севера // Вестник МГТУ. 2015. № 2. С. 328–334. EDN: TZKHLR

- [6] *Прожорина Т.И., Крутова О. В.* Исследование влияния снегосвалки на почвенный покров прилегающей территории (на примере города Воронежа) // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология. 2019. № 2. С. 77–81. <https://doi.org/10.17308/geo.2019.2/2309> EDN: ELANCU
- [7] *Лобкина В.А., Музыченко А.А., Михалев М.В.* Динамика геохимического состояния грунтов в районах размещения снежных полигонов (г. Южно-Сахалинск) // Криосфера Земли. 2019. Т. 23, № 4. С. 60–67. EDN: PGRIJQ
- [8] *Gensiorovsky Y.V., Ukhova N.N., Lobkina V.A.* Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk) // Intern. Snow Sci. Workshop 2013 (Grenoble, France, Oct. 7–11, 2013). Grenoble, 2013. P. 1181–1184.
- [9] *Baltrėnaitė E., Baltrėnas P., Lietuvninkas A., Šerevičienė V., Zuokaitė E.* Integrated evaluation of aerogenic pollution by air-transported heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Mn and Cu) in the analysis of the main deposit media // Environmental Science and Pollution Research. 2014. Vol. 21. P. 299–313. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2046-6>. EDN: UEGPXL
- [10] *Василенко В.Н., Назаров И.М., Фридман Ш.Д.* Мониторинг загрязнения снежного покрова. Ленинград : Гидрометиздат, 1985. 181 с.
- [11] *Назаров И.М. Фридман Ш.Д., Ренне О.С.* Использование сетевых снегосъемок для изучения загрязнения снежного покрова // Метеорология и гидрология. 1978. № 7. С. 74–78.
- [12] *Янченко Н. И.* Практика отбора проб снежного покрова для химического анализа // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331, № 12. С. 94–104. <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/12/2943> EDN: VYZOAJ
- [13] *Гребенщикова В.И.* Геохимическая специфика состава снеговой воды некоторых городов Иркутской области // Вода: химия и экология. 2013. № 2 (56). С. 21–27. EDN: PWEUXP
- [14] *Макаров В.П., Солодухина М.А., Малых О.Ф., Михеева Н.Ю., Банищикова Е.А., Ларин В.С., Бронников В.В., Желибо Т.В.* Содержание химических элементов в корнях *Saposhnikovia Divaricata* (Apiaceae) в Забайкальском крае // Растительные ресурсы. 2022. Т. 58. № 4. С. 402–416. DOI: 10.31857/S0033994622040082 EDN: OLCQTT
- [15] *Виноградов А.П.* Геохимия редких и рассеянных химических элементов в почвах. Москва : Издательство Академии Наук СССР, 1957. 238 с. EDN: FNVBLO

References

- [1] Pugachev SV. The possibility of using low-potential heat sources at thermal power plants for snow disposal. In: *New challenges in new science. Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Petrozavodsk, November 25, 2020*. Petrozavodsk: International Center for Scientific Partnership “New Science”; 2020. p. 140–152. (In Russ.) EDN: HVFNKV
- [2] Khomich VS, Kravchuk LA, Kadatskaya OV., Sanets E.V., Ovcharova A.P., Ryzhikov V.A., Bazhenova N.M. Diagnostics of the natural environment in the area of operation of the temporary snow storage site in Minsk. *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2019;(3):67–79. (In Russ.) EDN: AWWEXD
- [3] Zharnikov VB, Pasko OA, Ushakova NS, Makarcova ES. On the content of monitoring of snow dumps and their influence of the lands of northern cities affected by them (on the example of the city of Tomsk). *Bulletin of the Siberian State*

- University of Geosystems and Technologies*. 2019; 24(1):174-191. (In Russ.) <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2019-24-1-174-191> EDN: ZCHEIH
- [4] Konstantinova EYu, Konstantinov AO, Kurasova AO., Novoselov A.A., Zaitseva V.Yu., Sherstnev A.K., Minkina T.M. Ecological and geochemical assessment of pollution of arturbistrates in a long-term functioning snow dump. *Problems of pollution of environmental objects with heavy metals : proceedings of the international conference. Tula, September 28-30, 2022*. Tula: Tolstoy Tula State Pedagogical University. 2022. p. 70–74. (In Russ.) EDN: WZDFDJ
- [5] Saltan NV, Shlapak EP, Zhironov VK, Gontar OB, Svyatkovskaya EA. The chemical composition of the snow in urban environment in the Far North. *Vestnik MGTU*. 2015;(2):328-334. (In Russ.) EDN: TZKHLR
- [6] Prozhorina TI, Krutova OV. A study of the influence of the snow dump on the soil cover of the adjacent territory (Voronezh city is an example). *Bulletin of the Voronezh State University. Series: Geography. Geoecology*. 2019(2):77–81. (In Russ.) <https://doi.org/10.17308/geo.2019.2/2309> EDN: ELAHCU
- [7] Lobkina VA, Muzychenko AA, Mikhalev MV. Soil Geochemistry dynamics at snow disposal sites in Yuzhno-Sakhalinsk. *Cryosphere of the Earth*. 2019;23(4):60–67. (In Russ.) EDN: PGRIJQ
- [8] Gensiorovsky YV, Ukhova NN, Lobkina VA. Geotechnical and ecological aspects of locating snow fields on the urbanized territory (Yuzhno-Sakhalinsk). *Intern. Snow Sci. Workshop 2013 (Grenoble, France, Oct. 7-11, 2013)*. Grenoble; 2013. p. 1181–1184.
- [9] Baltrėnaitė E, Baltrėnas P, Lietuvninkas A, Šerevičienė V, Zuokaitė E. Integrated evaluation of aerogenic pollution by air-transported heavy metals (Pb, Cd, Ni, Zn, Mn and Cu) in the analysis of the main deposit media. *Environmental Science and Pollution Research*. 2014;21:299–313. <https://doi.org/10.1007/s11356-013-2046-6> EDN: UEGPXL
- [10] Vasilenko VN, Nazarov IM, Fridman SD. Monitoring of snow cover pollution. Leningrad Gidrometizdat; 1985. (In Russ.)
- [11] Nazarov IM, Fridman SD, Renne OS. The use of network snow surveys to study snow cover pollution. *Meteorology and hydrology*. 1978;(7):74–78. (In Russ.)
- [12] Ianchenko NI. Practice of snow cover sampling for chemical analysis. *Proceedings of Tomsk Polytechnic University. Georesource engineering*. 2020;331(12):94–104. (In Russ.) <https://doi.org/10.18799/24131830/2020/12/2943> EDN: VYZOAJ
- [13] Grebenshchikova VI. Geochemical specificity of snow water composition in some cities of the Irkutsk regions. *Water: chemistry and ecology*. 2013(2):21-27. (In Russ.) EDN: PWEUXP
- [14] Makarov VP, Solodukhina MA, Malykh OF, Mikheeva NYu, Banskchikova EA, Larin VS, Bronnikov VV, Zhelibo TV. Elemental content of roots of *Saposhnikovia Divaricata (Apiaceae)* in the Trans-Baikal Territory. *Plant Resources*. 2022;58(4):402–416. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0033994622040082 EDN: OLCQTT
- [15] Vinogradov AP. *Geochemistry of rare and scattered chemical elements in soils*. Moscow: Academy of Sciences of the USSR publ.; 1957. (In Russ.) EDN: FNVBLO

Сведения об авторах:

Чередова Татьяна Викторовна, младший научный сотрудник, Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН), Российская Федерация, 670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, д. 6а. ORCID: 0000-0002-8832-7731; eLIBRARY SPIN-код: 8289-9649. E-mail: che-redova-tv@yandex.ru;

Чудинова Ольга Николаевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент, кафедра «Промышленная экология и защита в чрезвычайных ситуациях», Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления; Российская Федерация, 670013, г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, д. 40В, стр. 4. ORCID: 0000-0003-4160-3062; eLIBRARY SPIN-код: 8879-9145. E-mail: chudinova1980@inbox.ru

Bio notes:

Tatyana V. Cheredova, Junior Researcher, Dobretsov Geological Institute of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences; 6a Sakhyanova St, Ulan-Ude, 670047, Russian Federation; ORCID: 0000-0002-8832-7731; eLIBRARY SPIN-code: 8289-9649. E-mail: che-redova-tv@yandex.ru

Olga N. Chudinova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Associate Professor, Department of Industrial Ecology and Protection in Emergency Situations, East Siberian State University of Technology and Management; 40B, bldg 4, Klyuchevskaya St, Ulan-Ude, 670013, Russian Federation; ORCID: 0000-0003-4160-3062; eLIBRARY SPIN-code: 8879-9145. E-mail: chudinova1980@inbox.ru